

Дубовкіна І. О.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ВОДИ І СПИРТУ В УМОВАХ ЗНАКОЗМІННИХ ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ

Проведено аналітичні дослідження способів змішування води та спирту. Запропоновано безперервний енергозберігаючий спосіб змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску. Підібрано раціональні технологічні режими проведення безперервного процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску. Досліджені фізико-хімічні властивості одержаних сумішей.

Ключові слова: водно-спиртові суміші, безперервний спосіб, роторно-пульсаційний апарат, дискретно-імпульсне введення енергії, знакозмінні імпульси тиску.

1. Вступ

На сьогоднішній день питання енергозбереження та енергоефективності набувають все більшої актуальності і належать до пріоритетного напрямку державної політики України. У промисловості велика увага приділяється показникам ресурсо- та енергоспоживання, та підвищення ефективності використання енергії.

Основними стратегічними напрямками підвищення енергетичної ефективності та реалізації потенціалу енергозбереження є: розроблення новітнього енергозберігаючого обладнання та впровадження його в технологічні лінії; удосконалення технологічних процесів і обладнання з метою зниження питомого споживання енергії та матеріалів; розроблення і впровадження екологічно безпечних технологій; розроблення енергозберіжних технологій та впровадження їх у виробництво.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Традиційно для приготування водно-спиртових сумішей використовують два способи: періодичний і безперервний. В загальному вигляді схема одержання водно-спиртових сумішей за допомогою періодичного способу показана на рис. 1.

У малотоннажних або невеликих виробництвах для одержання водно-спиртових сумішей зазвичай застосовуються реактори періодичного типу. Інтенсивність перемішування, достатня для проведення технологічних процесів, досягається на практиці зазвичай при використанні типових апаратів-реакторів з перемішувачами (мішалками лопаткового, рамного, якірного, стрічкового, шнекового і т. д.) [2].

Основні переваги та недоліки періодичного способу одержання водно-спиртових сумішей: простота технологічного обладнання; перемішування до необхідної однорідності не лімітовано за часом; немає необхідності у підтримванні стабільної об'ємної швидкості і співвідношення потоків; вимірювання характеристик отриманої суміші і розрахунок її міцності може виконуватись після здійснення процесу змішування, достатньо простими

засобами вимірювання. Основний недолік: доведення до необхідної міцності після приготування суміші.

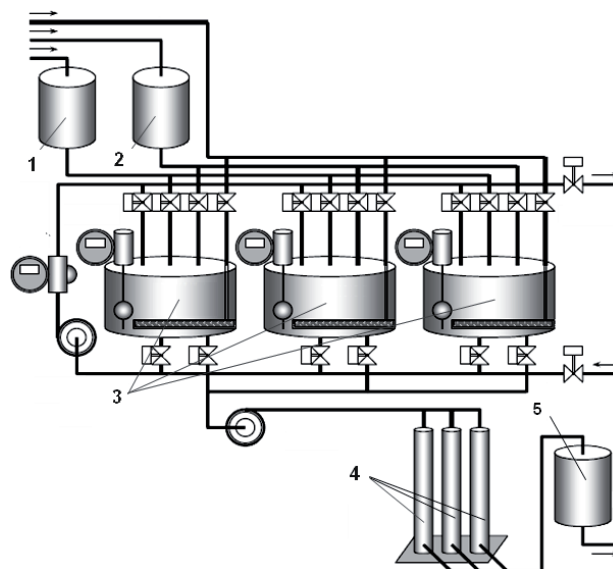


Рис. 1. Періодичний спосіб змішування води і спирту [1]:

1 — ємність для спирту; 2 — ємність для води; 3 — купажні ємності; 4 — вугільні колони; 5 — ємність з готовим продуктом

Сучасні засоби автоматизації дозволяють отримати максимально точну міцність водно-спиртових сумішей, при використанні установок автоматичного приготування водно-спиртових сумішей, в потоці з застосуванням безперервного способу отримання водно-спиртових сумішей. Для змішування у безперервному способі використовуються реактори різного типу, які застосовують у великотоннажних промислових процесах при великих швидкостях і теплотах реакцій. Найпоширенішими устаткуванням для змішування потоків води та спирту є змішувальні труби (трубчасті змішувачі), струминні змішувачі, змішувальні хлипаки і відцентрові насоси [3].

Основні переваги та недоліки безперервного способу одержання водно-спиртових сумішей: є більш продуктивним і менш інерційним; не потребує значних а пло-

щею виробничих приміщень з купажними ємностями; значно пожежобезпечніший оскільки перекачування рідин, що містять спирт відбувається в герметичних трубопроводах; герметичність процесу дозволяє знизити незворотні втрати спирту; дозволяє оперативно змінювати сортмент, витрачаючи менше часу на підготовку до нового виробничого циклу.

Проблема переходу від періодичного способу до безперервного залишається невирішеною. Велика увага приділяється чисельному експерименту та моделюванню змішування бінарних водно-спиртових сумішей [4], але проведення натурних експериментів залишається досить складним. Основною проблемою при змішуванні води та спирту є утворення шкідливих домішок [5, 6] що погіршують якість одержаних водно-спиртових сумішей. Пошук способів та методів, що дозволяють одержувати суміші з меншою кількістю шкідливих домішок і актуальною задачею.

Обладнання, в якому реалізована основна концепція методу дискретно-імпульсного введення енергії (розробленого в ІТТФ НАН України і немає аналогів) дозволяє проводити процеси змішування води та спирту за допомогою безперервного способу. Концепція методу полягає у створенні умов, які забезпечують при локальному введенні енергії в технологічну систему, її дискретний розподіл у просторі та імпульсний вплив у часі [7–10]. До такого обладнання належать роторно-пульсаційні апарати (РПА), які призначені для структурних перетворень в рідині на мікро-і нано-рівні [11] з метою зміни її фізико-хімічних параметрів, інтенсифікації масообмінних і гідромеханічних процесів. Обробка рідини в РПА здійснюється за рахунок імпульсної багатфакторної дії: вихороутворення, інтенсивної кавітації, ударних хвиль, нелінійних гідроакустичних ефектів, знакозмінних імпульсів тиску [12].

В РПА здійснюється перетворення енергії низької концентрації в енергію високої локальної концентрації у нестійких точках структури речовини. Просторова і тимчасова концентрація енергії дозволяє отримати велику потужність імпульсної енергетичної дії [13].

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — гідродинамічні процеси при обробленні водно-спиртових сумішей з застосуванням механізмів дискретно-імпульсного введення енергії.

Метою даної наукової роботи було розроблення безперервного енергозберігаючого способу одержання водно-спиртових сумішей із проведенням процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску.

Для цього вирішувались наступні задачі:

— на основі аналітичних та експериментальних досліджень розробити безперервний ресурсо- та

енергозберігаючий спосіб змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску;

— провести промислові випробування безперервного енергозберігаючого способу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску;

— вивчити фізико-хімічні властивості водно-спиртових сумішей, одержаних в умовах знакозмінних імпульсів тиску в широкому діапазоні концентрацій.

4. Методика проведення експериментальних досліджень процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску

Для проведення досліджень процесу змішування безперервним способом в ІТТФ НАН України були створені лабораторні стенди [14]. В результаті проведення натурних експериментів та детального вивчення властивостей одержаних сумішей методом хроматографічних досліджень була запропонована промислова технологія одержання водно-спиртових сумішей. Промислові випробування технології (рис. 2.) здійснювались на підприємствах України.

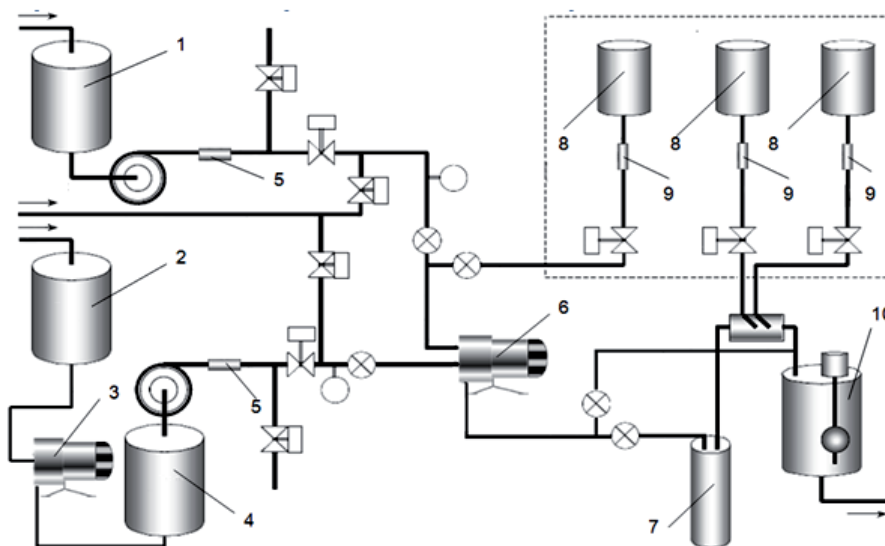


Рис. 2. Схема промислової технологічної лінії для змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску: 1 — ємність підготовленої води; 2 — ємність для спирту; 3, 6 — роторно-пульсаційний апарат; 4 — ємність обробленої води; 5 — витратомір; 7 — вугільна колона; 8 — ємності зі смаковими та ароматичними добавками; 9 — витратомір; 10 — ємність готової продукції

Суть технології полягає наступному: вода зі збірної ємності 2 потрапляє на обробку в РПА 3, після чого направляється в збірну ємність 4. Спирт із ємності 1 через витратомір 2 направляється на змішування в РПА, куди одночасно з ємності 4 через витратомір 5 подається заздалегідь оброблена вода. Після процесу змішування водно-спиртова суміш направляється або у збірну ємність 10 або на колону 7. Якщо передбачено технологією, то в ємність 10 через витратоміри 9 додаються смакові та ароматичні добавки з ємностей 8.

5. Результати досліджень фізико-хімічних властивостей водно-спиртових сумішей

Дослідження кількості вмісту та динаміки шкідливих речовин і домішок у водно-спиртових сумішах,

отриманих в умовах знакозмінних імпульсів тиску та сумішей, які були отримані за традиційною технологією у апараті з мішалкою проводились на газовому хроматографі Hewlett Packard HP 4890D, рис. 3, 4.

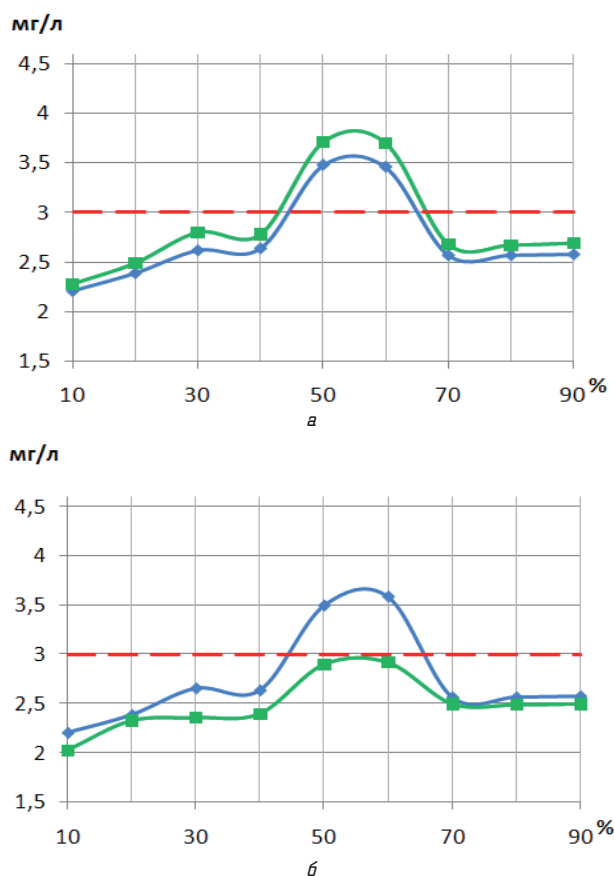


Рис. 3. Вміст ацетальдегіду в сумішах різної концентрації залежно від часу: а — перша година після одержання; б — 24 години після одержання

6. Обговорення результатів досліджень властивостей водно-спиртових сумішей

Представлені у статті результати є частиною комплексних досліджень, що проводяться в Інституті технічної теплофізики НАН України. В результаті проведених досліджень було виявлено, що кількість ацетальдегіду рис. 3 у сумішах отриманих безперервним способом перевищує кількість ацетальдегіду у сумішах, отриманих за традиційною технологією. При чому, така тенденція спостерігається в різних варіантах концентрацій. З часом, а саме, через 24 години кількість ацетальдегіду значно знижується в сумішах, отриманих безперервним енергозберігаючим способом. В сумішах, одержаних традиційним періодичним способом кількість ацетальдегіду не лише не знижується, але й має тенденцію до збільшення.

Дослідження компонентного складу сумішей в діапазоні концентрацій 10–90 % об. та співставлення результатів досліджень сумішей отриманих різними способами дає змогу переконатись, що при безперервному енергозберігаючому способі змішування водно-спиртові суміші мають кращі фізико-хімічні показники, оскільки вміст шкідливих домішок в них нижчий.

Такі результати доводять доцільність використання безперервного енергозберігаючого способу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску.

Під час проведення процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів відбувається інтенсивний вплив напружень зсуву, швидкостей зсуву потоку, високочастотних осциляцій, що призводить до зниження вмісту шкідливих домішок та покращення фізико-хімічних параметрів водно-спиртових сумішей.

Запропонована технологія впроваджена на лікерогорілчаному підприємстві для виробництва лікерогорілчаних напоїв, а також може бути застосована

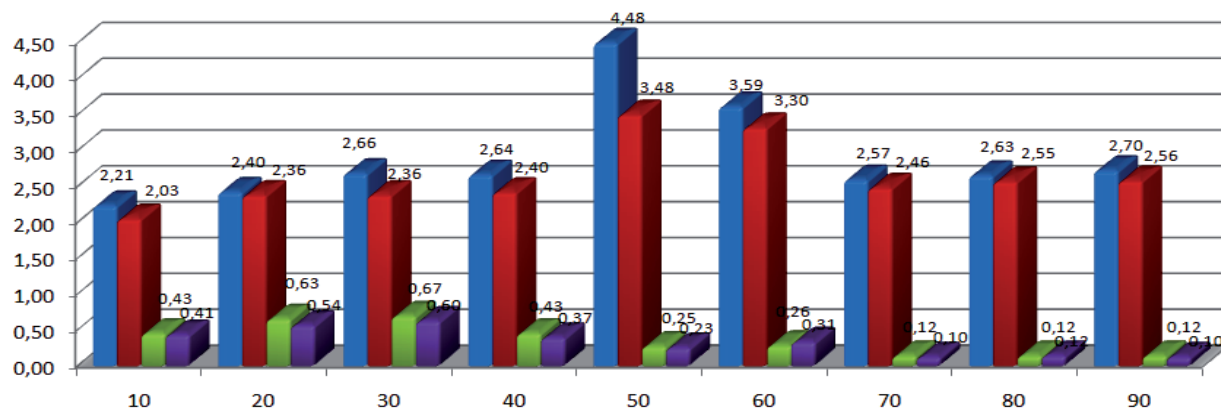


Рис. 4. Компонентний склад водно-спиртових сумішей в широкому діапазоні концентрацій 10–90 % об.: ■ — ацетальдегід традиційна технологія (апарат з мішалкою); ■ — ацетальдегід із застосуванням РПА; ■ — 2-пропанол традиційна (апарат з мішалкою); ■ — 2-пропанол РПА

Для порівняння властивостей водно-спиртових сумішей, одержаних безперервним способом та тих, які були отримані за традиційною технологією у апараті з мішалкою проводились порівняльні дослідження компонентного складу рис. 4. в широкому діапазоні концентрацій 10–90 % об.

для одержання водно-спиртових сумішей в харчовій, косметичній, медичній та інших галузях промисловості.

В подальшому планується проведення наступної серії досліджень, для виявлення найбільш ефективних методів проведення процесу змішування.

7. Висновки

На підставі проведених експериментальних досліджень, чисельного експерименту та промислових випробувань запропоновано раціональні технологічні режими проведення безперервного процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску і розроблено промислову технологію одержання водно-спиртових сумішей із застосуванням дискретно-імпульсного введення енергії.

Проведені дослідження фізико-хімічних властивостей водно-спиртових сумішей, одержаних в умовах знакозмінних імпульсів тиску в широкому діапазоні концентрацій свідчать про понижений вміст шкідливих домішок, що в свою чергу покращує якість отриманих сумішей.

8. Подяка

Автор висловлює щирю подяку за сприяння у проведенні досліджень д. т. н., професору Шурчкової Ю. О., Козловській А. П. та трудовому колективу Сумського лікеро-горілчаного підприємства ТОВ «Горобина».

Література

- Макаров, С. Ю. Инновации в технологии и оборудовании приготовления водок [Текст] / С. Ю. Макаров, И. Л. Славская. — М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2011. — 156 с.
- Задорский, В. М. Интенсификация химико-технологических процессов на основе системного подхода [Текст] / В. М. Задорский. — К.: Техника, 1989. — 208 с.
- Ильина, Е. В. Технология и оборудование для производства водок и ликероводочных изделий [Текст] / Е. В. Ильина, С. Ю. Макаров, И. Л. Славская — М.: ДеЛи, 2013. — 491 с.
- Miroshnichenko, S. Excess properties of non-ideal binary mixtures containing water, methanol and ethanol by molecular simulation [Text] / S. Miroshnichenko, J. Vrabec // Journal of Molecular Liquids. — 2015. — Vol. 212. — P. 90–95. doi:10.1016/j.molliq.2015.08.058
- Zhao, J. Self-assembly of some long-tail surfactants driven by water addition in ethanol [Text] / J. Zhao, X. Xu, W. Dong, H. Yu // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2015. — Vol. 484. — P. 253–261. doi:10.1016/j.colsurfa.2015.08.006
- Huang, Z. Isobaric vapor-liquid equilibrium of trifluoroacetic acid+water, trifluoroacetic acid+ethyl trifluoroacetate and ethyl trifluoroacetate+ ethanol binary mixtures [Text] / Z. Huang, L. Li, M. Zhou, H. Jiang, T. Qiu // Fluid Phase Equilibria. — 2016. — Vol. 408. — P. 88–93. doi:10.1016/j.fluid.2015.08.012
- Долинский, А. А. Дискретно-импульсный ввод энергии [Текст] / А. А. Долинский, Б. И. Басок, А. И. Накорчевский, Ю. А. Шурчкова. — К.: ИТТФ НАНУ, 1996. — 196 с.
- Долинский, А. А. Наномасштабные эффекты при дискретно-импульсной трансформации энергии [Текст] / А. А. Долинский, Б. И. Басок // Инженерно-физический журнал. — 2005. — Т. 78, № 1. — С. 15–23.
- Басок, Б. И. Особенности гидродинамики роторно-пульсационных аппаратов дискового типа [Текст] / Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, Ю. С. Кравченко и др. // Промышленная теплотехника. — 2003. — Т. 25, № 3. — С. 21–25.
- Долинский, А. А. Адиабатически вскипающие потоки. Теория, эксперимент, технологическое использование [Текст] / А. А. Долинский, Б. И. Басок, А. И. Накорчевский. — Киев: Наукова думка, 2001. — 207 с.
- Басок, Б. И. Исследование микроструктуры потока жидкости в роторно-пульсационном аппарате [Текст] / Б. И. Басок, Ю. С. Кравченко, Б. В. Давыденко, И. А. Пироженко // Доповіді НАНУ. — 2003. — № 11. — С. 71–76.
- Давыденко, Б. В. Теплообмен, гидродинамика и процессы диспергирования в роторно-пульсационных и моногрануляционных аппаратах [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук: 05.14.06 / Б. В. Давыденко. — Киев, 2009. — 365 с.
- Накорчевский, А. И. Гидродинамика и тепломассообмен в гетерогенных системах и пульсирующих потоках [Текст] / А. И. Накорчевский, Б. И. Басок; под ред. А. А. Долинского. — Киев: Наукова думка, 2001. — 347 с.
- Долинский, А. А. Исследование влияния метода ДИВЭ на свойства воды [Текст] / А. А. Долинский, Ю. А. Шурчкова, И. А. Дубовкина // Керамика: наука и жизнью. — 2013. — № 2(20). — С. 4–6.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ВОДЫ И СПИРТА В УСЛОВИЯХ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ

Проведены аналитические исследования способов смешивания воды и спирта. Предложен непрерывный энергосберегающий способ смешивания воды и спирта в условиях знакопеременных импульсов давления. Подобраны рациональные технологические режимы проведения непрерывного процесса смешивания воды и спирта в условиях знакопеременных импульсов давления. Исследованы физико-химические свойства полученных смесей.

Ключевые слова: водно-спиртовые смеси, непрерывный способ, роторно-пульсационный аппарат, дискретно-импульсный ввод энергии, знакопеременные импульсы давления.

Дубовкіна Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відділ тепломасообміну в дисперсних системах, Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна, e-mail: idubovkina@yandex.ru.

Дубовкина Ирина Александровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдел тепломассообмена в дисперсных системах, Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев, Украина.

Dubovkina Irina, Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: idubovkina@yandex.ru